

Paavo Laukkanen

SELVITYS VERKON TILASTA JA  
MUUTOSTÖISTÄ  
Pieksämäen ratapihan pienjänniteverkko

Opinnäytetyö  
Sähkötekniikan koulutusohjelma

Toukokuu 2013




**MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU**

Mikkeli University of Applied Sciences

# KUVAILULEHTI

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Opinnäytetyön päivämäärä</b>	
<b>Tekijä</b> Paavo Laukkanen		<b>Koulutusohjelma ja suuntautuminen</b> <b>Sähkötekniikan koulutusohjelma</b>	
<b>Nimeke</b> Selvitys verkon tilasta ja muutostöistä, Pieksämäen ratapihan pienjänniteverkko			
<b>Tiivistelmä</b>  <p>Tämän opinnäytetyön tavoitteena oli selvittää Pieksämäen henkilöratapihan pienjänniteverkkojen nykytila ja esittää muutosehdotuksia laitteistojen saattamiseksi nykyistä käyttöä ja yleisiä vaatimuksia vastaaviksi. Selvitystyö sai alkunsa Liikenneviraston VR Track Oy:lle antamasta toimeksiannosta.</p> <p>Nykyään alueella sijaitsee kaksi Liikenneviraston muuntamoita, jotka syöttävät rata-alueen laitteistojen lisäksi muita laitteistoja, tarkoituksena oli muodostaa rata-alueen laitteistoista oma kokonaisuutensa. Työ aloitettiin kartoittamalla alueen laitteistojen kokoonpano, kunto ja dokumentointi. Lisäksi tutkittiin kuormituksen laatua ja jakautumista. Saatujen tietojen pohjalta suunniteltiin tarvittavat muutostyöt.</p> <p>Kävi ilmi, että muuntamoista on syytä luopua ja korvata ne pienjänniteliittymillä. Lisäksi havaittiin puutteita laitteistojen kunnossa. Tuloksena tuotettiin Liikennevirastolle raportti, jossa selvitetään laitteistojen nykytila ja tarvittavat muutokset niiden kokoonpanon muuttamiseksi sekä havaittujen puutteiden korjaamiseksi.</p>			
<b>Asiasanat (avainsanat)</b> Sähköjärjestelmät, sähköverkot, rautatiet			
<b>Sivumäärä</b> 31 + 2	<b>Kieli</b> suomi	<b>URN</b>	
<b>Huomautus (huomautukset liitteistä)</b>			
<b>Ohjaavan opettajan nimi</b> Arto Kohvakka		<b>Opinnäytetyön toimeksiantaja</b> VR Track Oy	

## DESCRIPTION

 <p><b>MIKKELIN AMMATTIKORKEAKOULU</b> Mikkeli University of Applied Sciences</p>		<b>Date of the bachelor's thesis</b>	
<b>Author</b> Paavo Laukkanen		<b>Degree programme and option</b> Degree programme in electrical engineering	
<b>Name of the bachelor's thesis</b> Statement of the condition and the modifications, low-voltage grid of the railway yard of Pieksämäki			
<b>Abstract</b>  <p>The objective of this thesis was to find out the present condition of the low-voltage power grid in the railway yard of Pieksämäki and to propose required modifications. The assignment was done to VR Track Oy by The Finnish Transport Agency.</p> <p>Currently the power supply of the electrical equipment is done by two substations owned by The Finnish Transport Agency. In addition to the railway yard the transformers supply some other equipment. There was a demand to separate equipment of the railway yard from other equipment.</p> <p>There was found out that there is no need for the substations and that the condition of some equipment was low. A report of the condition and the modifications was made as an outcome.</p>			
<b>Subject headings, (keywords)</b>  Electrical systems, power grids, railways			
<b>Pages</b> 31 + 2	<b>Language</b> Finnish	<b>URN</b>	
<b>Remarks, notes on appendices</b>			
<b>Tutor</b> Arto Kohvakka		<b>Bachelor's thesis assigned by</b> VR Track Oy	

## SISÄLTÖ

1	JOHDANTO .....	1
2	YLEISTIETOA .....	2
2.1	VR-konserni ja Liikennevirasto.....	2
2.2	Pieksämäen ratapiha .....	3
3	RAUTATEIDEN SÄHKÖLAITTEISTOT .....	3
3.1	Sähkörata .....	3
3.2	Turvalaitteet.....	5
3.3	Pienjänniteverkot .....	6
4	LAITTEISTOJEN NYKYTILA .....	7
4.1	Verkkojen kokoonpano.....	9
4.1.1	Väestönsuojan muuntamon verkko.....	9
4.1.2	Tavaratoimiston muuntamon verkko .....	13
4.2	Suoja- ja kytkinlaitteet.....	15
4.3	Lämpökuvaukset.....	15
4.4	Sähkö- ja paloturvallisuus.....	16
4.5	Laitteistojen kuormitus .....	17
4.6	Keskijänniteliittymät.....	19
4.7	Dokumentit .....	22
5	TOIMENPIDE-EHDOTUS .....	23
5.1	Muuntamoista ja keskijänniteliittymistä luopuminen.....	24
5.2	Laitteistojen uusi kokoonpano .....	25
5.3	Havaittujen puutteiden korjaaminen.....	27
5.4	Työsuunnitelma .....	27
5.4.1	Rakennettavat keskukset ja kaapelit .....	27
5.4.2	Luettelo töistä.....	29
6	YHTEENVETO .....	30
	LÄHTEET .....	31

### LIITTEET

- 1 Päävirtapiiri- ja sijoituskaavio, nykytila
- 2 Päävirtapiiri- ja sijoituskaavio, suunnitelma

## 1 JOHDANTO

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää Pieksämäen henkilöratapihan pienjänniteverkkojen ja niitä syöttävien muuntamoiden nykytila ja esittää suunnitelma laitteistojen saattamiseksi nykyistä käyttöä ja yleisiä vaatimuksia vastaavaksi. Työssä käsitellään myös sähköradan rakennetta ja vaikutuksia pienjänniteverkkojen suunnitteluun ja rakentamiseen.

Selvitystyö sai alkunsa Liikenneviraston tarpeesta selvittää omistamiensa pienjänniteverkkojen tila Pieksämäen ratapihalla sekä saattaa laitteistot nykyistä tarvetta ja yleisiä vaatimuksia vastaaviksi. Työ rajattiin alueen laajuuden vuoksi henkilöratapihan alueelle. Tuloksena tuli esittää raportti pienjänniteverkon nykytilasta sekä tarvittavista toimenpiteistä.

Pieksämäen ratapihalla ja sen läheisyydessä sijaitsee useita pienjänniteverkkoja ja niitä syöttäviä muuntamoita, jotka ovat VR Yhtymä Oy:n ja Liikenneviraston omistuksessa. Verkkojen pääasiallisia kuormituksia ovat ratapihan valaistus, vaunuliitäntäpisteet ja rakennukset rata-alueella. Laitteistojen ikä vaihtelee muutamasta vuodesta muutamaankymmeneen vuoteen, ja osa niistä on jo elinkaarensa päässä.

Verkkojen rakentamisajankohdan jälkeen energian tarve on laskenut merkittävästi ja omistajuussuhteet muuttuneet. Aiemmin ainut omistaja sekä kuluttaja on ollut VR, mutta nykyään suurin osa rautateiden sähkölaitteistoista on siirtynyt Liikenneviraston omistukseen. Omistussuhteiden muutos on aiheuttanut sen, että samassa sähköverkossa on sekä Liikenneviraston että VR Yhtymän kulutuksia, jolloin esimerkiksi sähkölaskutus joudutaan toteuttamaan sovittujen jako-osuuksien eikä todellisen kulutuksen mukaan. Kulutuksen pienentyessä on myös muuntamoiden korvaaminen pienjännite-liittymillä tullut ajankohtaiseksi.

## 2 YLEISTIETOA

### 2.1 VR-konserni ja Liikennevirasto

VR-konsernin emoyhtiö on VR-Yhtymä Oy, joka on Suomen valtion kokonaan omistama osakeyhtiö. Omistajaohjauksesta vastaa muiden valtion omistamien yhtiöiden tapaan valtioneuvoston kanslian omistajaohjausosasto. VR-Yhtymä Oy:n toimiala on rautatieliikenteen ja autoliikenteen harjoittaminen ja muu siihen liittyvä ja sitä tukeva toiminta joko välittömästi tai tytär- ja osakkuusyritysten kautta. /1./

VR oli 1990-luvulle saakka valtion virasto, joka yksinoikeudella liikennöi rautateillä sekä hallinnoi, rakensi ja kunnossapiti rataverkkoa. VR muutettiin vuonna 1990 valtion liikelaitokseksi ja 1995 osakeyhtiöksi. Yhtiöittämisen aikaan rataverkon hallintaa varten perustettiin Liikenne- ja Viestintäviraston alaisuuteen Ratahallintokeskus. VR jäi kuitenkin ainoaksi rakentajaksi, kunnossapitäjäksi ja liikennöitsijäksi rataverkolla. /2./

VR Groupiin kuuluu nykyään useita tytäryhtiöitä ja liiketoimintayksiköitä, jotka vastaavat matkustajaliikenteestä, logistiikasta sekä rakentamisesta ja kunnossapidosta. Yksi suuri tytäryhtiö on VR Track Oy, jonka toimialaa on rakentaminen, kunnossapito ja suunnittelu. VR:n entinen yksinoikeus rautateillä on poistunut säännösten myötä. Liikennevirasto kilpailuttaa tarvitsemansa palvelut, joten esimerkiksi rataverkon kunnossapidossa työskentelee monia eri yrityksiä VR Trackin lisäksi. Nykyään myös liikennöinti radalla on avattu kilpailijoille. /1./

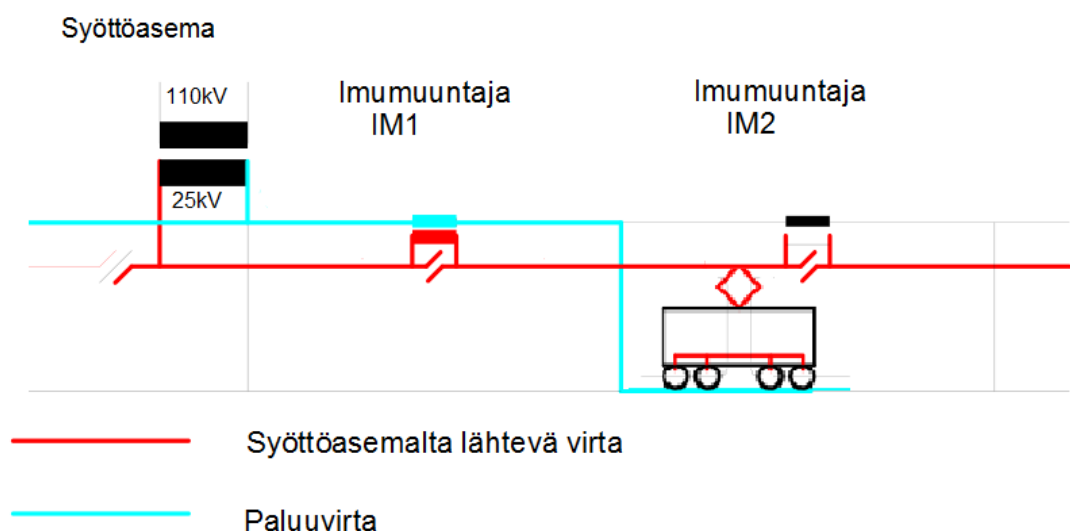
VR:n valtiokonttoristatuksen poistuessa rataverkon hallintaa ja omistusta varten perustettiin Ratahallintokeskus (RHK). Sitten RHK lakkautettiin, ja radan hallinta siirtyi Liikennevirastolle. Liikennevirasto kuuluu samaan liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalaan Ilmatieteen laitoksen, Liikenteen turvallisuuslaitos Trafin ja Viestintäviraston kanssa. Rautateiden lisäksi se vastaa valtion teistä ja vesiväylistä. /3./



Ratajohdot sijoitetaan sähköratapylvääseen, joka toimii myös virtapiirin osana kiskon ja paluujohtimen välillä. Pylväiden perustukset toimivat myös sähköradan maadoituselektrodeina. Ratapihoilla johdot sijoitetaan portaaliin, joka on kahden sähköratapylvään ja poikittaisorren muodostama rakenne ja jonne sijoitetaan usein myös ratapihan valaistusta ja opastimia.

Koska virtatien pituus syöttöasemalta kalustolle voi olla kymmeniä kilometrejä, ja maaperän johtavuus on Suomessa huono, ei paluukiskoa voida turvallisuussyistä käyttää pääasiallisena paluujohtimena. Normaalitilanteessakin kiskon ja maapotentiaalin välille syntyisi tällöin vaarallisen suuria jännitteitä, ja kiskon katketessa katkeamakohtaan yli vaikuttaisi käyttöjännite. Paluuvirta ohjataan tämän vuoksi tietyin välein pylväässä olevaan paluujohtimeen käyttämällä imu- tai säästömuuntajajärjestelmää.

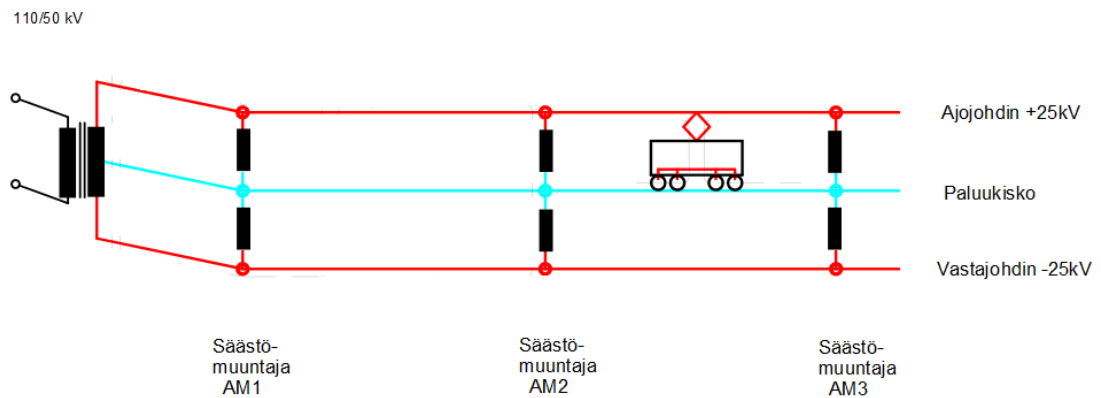
Imumuuntajia sijoitetaan radalle noin kahden kilometrin välein, jolloin paluuvirran kiskossa kulkema matka on enimmillään kilometri. Imumuuntajan ensiö kytketään ajolangan ja toisio paluujohtimen kanssa sarjaan, jolloin se ikään kuin pienentää paluujohtimen impedanssia ajojohtimen kustannuksella ja pakottaa paluuvirran kulkemaan kiskosta pylvään kautta paluujohtimeen. /4/ Kuvassa 1 on esitetty virran kulku tie syöttöaseman ja kaluston välillä.



**KUVA 1. Virran kulku tie 25 kV:n järjestelmässä /4/**



Säästömuuntajan tarkoitus on sama kuin imumuuntajankin, eli varmistaa paluuvirran kulku turvallista reittiä pitkin. Syöttöasemalla on 110/50 kV:n muuntaja keskipisteotolla, jonka toisiokäämin päät liitetään ajo- ja vastajohtimiin, ja keskipiste maadoitetaan sähkörataan, jolloin saadaan kaksi 25 kV:n vastakkaisvaiheista jännitettä. Radalle sijoitetaan korkeintaan seitsemän km:n välein 50/25 kV:n säästömuuntajia, joiden käämien päihin kytketään jännitteiset johtimet, ja keskipisteeseen liitetään paluukisko. Järjestelmän etuna on jännitehäviöiden puolittuminen suuremman siirtojännitteen ansioista, haittana taas rakentamiskustannusten kasvaminen yhden ylimääräisen jänniteportaan takia. (Kuva 2.)



**KUVA 2. Virran kulkutie 2x25 kV:n järjestelmässä /4/**

Sähköradan ajojohdinta käytetään sähkökäyttöisen vetokaluston lisäksi vaihdelämmitykseen ja ratakaluston seisontalämmitykseen. Lämmityksien käyttöjännite on 1,5 kV, joka saadaan ajolangan ja paluukiskon välille kytketystä yksivaihemuuntajasta. Vaihdelämmityksen tarkoituksena on pitää vaihteen liikkuva osa, vaihteen kieli sulana, mikä taas mahdollistaa vaihteiden luotettavan kaukokäytön. 1,5 kV:n vaunuliitäntäpisteitä käytetään kaluston lämmittämiseen ja muuhun käyttösähköön junan seisoessa esim. huoltoraiteella.

### 3.2 Turvalaitteet

Turvalaitteilla tarkoitetaan rautatietekniikassa laitteita, jotka ohjaavat liikennettä ja muodostavat sekä varmistavat kalustolle kulkuteitä. Näiden sähkönsyöttö on kriitti-

syytensä takia varmennettua ja erillään radan muista sähköverkoista. Tärkeimmät turvalaitejärjestelmät ovat asetinlaitteet ja opastimet.

Asetinlaitetta käytetään kulkutien muodostamiseen ja varmistamiseen. Vanhemmat asetinlaitteet toimivat mekaanisesti käsin tai sähköisesti relelogiikalla, mutta uudemmat ns. tietokoneasetinlaitteet toimivat mikroprosessoriohjatusti ja ovat pitkälle automatisoituja järjestelmiä. /5./

Liikenteenohjaajan ohjatesa tiettyä vaihdetta esimerkiksi saapuvaa junaa varten asetinlaite varmistaa, että vaihde on mahdollista kääntää, eikä ristiriitaisia kulkuteitä ole asetettu. Tämän jälkeen laite kääntää vaihteen ja ohjaa opastimen ajoon oikeuttavaksi. Opastimet ovat valo-opasteita tai radioaalloilla toimivia, ja ne jaetaan mm. pää- ja vaihdeopastimiin. Yksinkertaistettuna opastimen tehtävä on kertoa junankuljettajalle, että jokin vaihde tai raide on vapaa ajettavaksi. /5./

### **3.3 Pienjänniteverkot**

Radan valaistus, vaununlämmityspistorasiat sekä ratapihan rakennukset saavat tarvitsemansa sähkön tavallisesta 0,4 kV:n pienjänniteverkosta. Jännite saadaan keskijänniteliittymästä oman muuntamon kautta tai suoraan pienjänniteliittymästä. Sähkörataa ei käytetä pienjänniteverkkojen syöttöön, vaan liittymä hankitaan paikalliselta jakeluverkkoyhtiöltä.

Ratapihojen valaistus on toteutettu portaalivalaisimilla, valonheitinmastoilla ja pylväsvalaistuksella. Valaisimet ovat tyypillisiä katu- ja aluevalaistuksessa käytettäviä elohopeapurkaus- ja suurpainenatriumvalaisimia sekä nykyään myös LED-valaisimia. Rata-alueiden valaistus ei siis juuri poikkeakaan muista väylien ja kuormausalueiden valaistuksesta.

Pienjänniteverkon vaunuliitäntäpisteet ovat kolmivaihepistorasiakeskuksia, joita käytetään pika- ja taajamajunien sekä ratatyökoneiden lämmitykseen ja muuhun käytösähköön niiden seisoessa esimerkiksi huollettavana. Uudempi kalusto, kuten Intercity- ja Pendolino-junat liitetään 1,5 kV:n pisteisiin. Vanhaa, ns. sinistä kalustoa on kor-

vattu uudemmalla, joten pienjänniteliitännätapisteisiin liitettävän kaluston määrä on vähentynyt ja vähentyy tulevaisuudessa edelleen.

Pienjänniteverkot rata-alueilla poikkeavat muista vastaavista verkoista lähinnä maadoitusten osalta. Sähköradan välittömään läheisyyteen asennettavien sähkölaitteiden jännitteelle alttiit osat suojamaadoitetaan radan maadoituksiin, eli käytännössä rata-kiskoon tai –pylvääseen. Vaihtoehtoisesti syöttö voidaan erottaa radan maadoituksesta galvaanisesti erotusmuuntajalla. Tällä vältetään vaarallisten jännitteiden indusoitumisen sekä sähköradan paluuvirtojen aiheuttamat ongelmat. Jos esimerkiksi ratapylväässä oleva laite kytkettäisiin pelkästään pienjänniteverkon maadoitukseen, saattaisi siihen indusoitua ratajohdosta vaarallisen suuri jännite laitteen ja sähköradan maapotentiaalin välille. Jos laite taas olisi yhteydessä molempiin maadoituksiin, olisi vaarana se, että sähköradan paluuvirta alkaisi kulkea pienjänniteverkon maadoituksia pitkin, mikä taas voisi aiheuttaa suojajohtimien kuumenemista ja jopa tulipalon. /6./

Ominaista rata-alueiden laitteistoille on myös pitkä käyttöaika, suuri maantieteellinen laajuus sekä suuri määrä eri käyttäjiä ja kunnossapitäjiä. Pienjänniteverkot voivat olla useiden hehtaarien laajuisia, ja laitteistojen ikä voi vaihdella saman alueen sisällä kymmenillä vuosilla. Yhtenäisiä, päivitettyjä dokumentteja verkosta ei tämän takia ole useinkaan saatavilla.

#### **4 LAITTEISTOJEN NYKYTILA**

Pieksämäen ratapihan sähkönsyötöstä vastaa kuusi 1960-luvulla rakennettua muuntamo, jotka ovat kohteesta riippuen joko VR Yhtymän tai Liikenneviraston omistuksessa. Tässä työssä keskitytään henkilöratapihaan laitteistoihin, joita syöttää kaksi Liikenneviraston omistamaa muuntamo.

Ratapihan sähköistysvaiheessa kaikki laitteistot kuuluivat silloiselle Valtionrautateille, joka 1990-luvulle saakka vastasi junaliikennöinnin lisäksi myös rataverkon hallinnasta. Nykyään rataverkko ja sen myötä rataverkon sähkölaitteistot ovat siirtyneet Liikenneviraston hallintaan, ratakaluston liitännäipaikkojen ja esimerkiksi asemarakennusten jäädessä liikennöitsijälle eli VR Yhtymälle. Tulevaisuudessa myös kaluston liitän-

täpisteet siirtyvät muiden rata-alueiden laitteistojen tapaan Liikenneviraston hallintaan. Pieksämäen ratapihan sähköverkot ovat edelleen Liikenneviraston ja VR Yhtymän yhteiskäytössä. Koska fyysistä rajapintaa kuluttajien välillä ei ole, jaetaan sähköön käyttö sovittujen jako-osuuksien, eikä todellisen kulutuksen mukaan.

Liikenneviraston toimeksiannosta alettiin selvittää henkilöratapihan laitteistojen ja niitä syöttävien muuntamoiden nykyistä kuntoa ja käytön jakautumista VR Yhtymän ja Liikenneviraston kesken. Liikennevirastolla oli tarve luopua sille tarpeettomista, entisistä VR:n omistamista laitteistoista, joten selvityksen päämääräksi otettiin myös uusien omistusrajojen selvittäminen ja tarpeettomien laitteistojen paikallistaminen.

Laitteistojen nykytilan selvittäminen aloitettiin hankkimalla kaikki aluetta kuvaavat dokumentit. Kävi ilmi, että dokumenteista löytyi eri versioita monista eri paikoista, mutta eikä ajantasaisia, koottuja piirustuksia ollut saatavilla. Koska dokumentit eivät olleet kaikilta osin luotettavia, nähtiin tarpeelliseksi kartoittaa kaikki alueen laitteistot tarkastuksin. Samalla arvioitiin myös verkon kuntoa ja ominaisuuksia silmämääräisesti sekä mittaamalla.

Maa-alueet rata-alueella ja sen läheisyydessä omistaa pääasiassa Liikennevirasto, lukuun ottamatta VR Yhtymän aluetta rautatieaseman ympäristössä sekä K-Citymarket -myymälän aluetta. Rakennusten ja maa-alueiden omistukset on esitetty taulukossa 1 sivulla 9.

Suurin osa ratapihan laitteista sijaitsee aiemmin Valtionrautateiden omistamalla Liikenneviraston rata-alueella sekä VR Yhtymän omistamalla alueella rautatieaseman ympäristössä. Rakennuksista merkittäviä ovat VR Yhtymän omistama rautatieasema ja Liikenneviraston omistama nk. sähkötalo, jossa sijaitsevat osittain VR Yhtymän omistaman Corenet Oy:n toimipiste ja Pieksämäen kaupungin omistama kierrätyskeskus. Entinen tavaratoimisto ei ole enää entisessä käytössään ja on suurimmaksi osaksi tyhjillään.

**TAULUKKO 1. Rakennukset ja maa-alueet**

Rakennus	Omistaja	Rak. Nro
Rautatieasema	VR Yhtymä	XPM259
Väestönsuoja	LiVi	XPM015
Sähkötalo	LiVi	XPM052
Tavaratoimisto	VR Yhtymä	XPM003

Alue	Omistaja	Kiint. Nro
Aseman ja tavaravoimiston ympäristö	VR Yhtymä	593-402-60-0
Rata-alue	LiVi	593-402-8-1
Sillan pohjoispuoli, asemakatu	LiVi	593-402-8-12
Sillan eteläpuoli	LiVi	593-402-8-10
Citymarketin eteläinen pysäköintialue	LiVi	593-3-72-1
Tiealue Kukkaroniement. 4	LiVi	593-402-8-11
Sähkötalon ympäristö	LiVi	593-3-12-5
K-Citymarketin ympäristö	Jarami Oy	

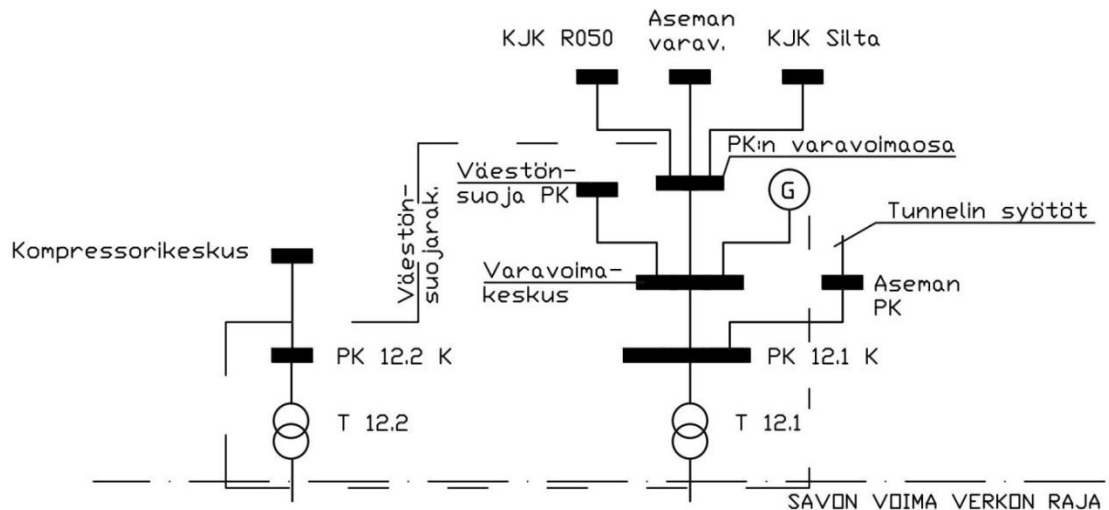
**4.1 Verkkojen kokoonpano**

Laitteistot jakautuvat syöttävien muuntamoiden mukaan kahteen pienjänniteverkkoon, joita ovat väestönsuojan kiinteistömuuntamon T12 ja tavaratoimiston puistomuuntamon T13 verkot. Ratapihan laitteistot ovat lähes yksinomaan muuntamon T12 verkossa muuntamon T13 syöttäessä lähinnä rakennuksia. Molemmat muuntamot on liitetty Savon Voiman 20 kV:n keskijänniteverkkoon.

**4.1.1 Väestönsuojan muuntamon verkko**

Ylikulkusillan alla sijaitsevassa väestönsuojarakennuksessa oleva kiinteistömuuntamo T 12 on rakennettu vuonna 1968 ja käsittää kaksi 500 kVA:n muuntajaa, joilla molemmilla on oma pienjännitepääkeskuksensa. Keskijännitekojeistot ovat ilmaeristeisiä, ja samassa tilassa on myös Savon Voiman keskijännitejakamo. Muuntaja 12.1 syöttää

ratapihan valaistusta, vaunuliitäntäpisteitä, asemarakennusta ja väestönsuojaa. Toinen muuntaja (tunnus 12.2) on ollut 1980-luvulle asti varalla, jolloin se on otettu käyttöön syöttämään paineilmakompressoria. Kuvassa 3 on esitetty muuntamon syöttämät päävirtapiirit.



**KUVA 3. Väestönsuojan kiinteistömuuntamon pääkaavio**

Pääkeskus 12.1 on rakennettu samaan aikaan muuntamon kanssa, ja sen lähtöjen kytkin- ja suojauslaitteena on käytetty varokekytkimiä. Keskuksen yhteydessä on pääkiskostosta erotettu varavoimaosa, jonka syöttö tulee varavoimakeskuksen ja syötön katketessa 110 kVA:n varavoimakoneen kautta. Varavoimaosa syöttää osaa aseman laitteistoista sekä sillan ja raiteen 050 katujakokaappeja. Merkittävänä puutteena keskuksessa havaittiin nk. uuninluukkumalliset varokekytkimet sekä yhden käytöstä poistetun kaapelilähdön paljaat päät, jotka ovat nähtävissä kuvassa 4. Pääkeskus 12.2 on syöttää ainoastaan paineilmakompressoria, ja lähdön kytkin- ja suojauslaitteena toimii jonovarokeytkin.



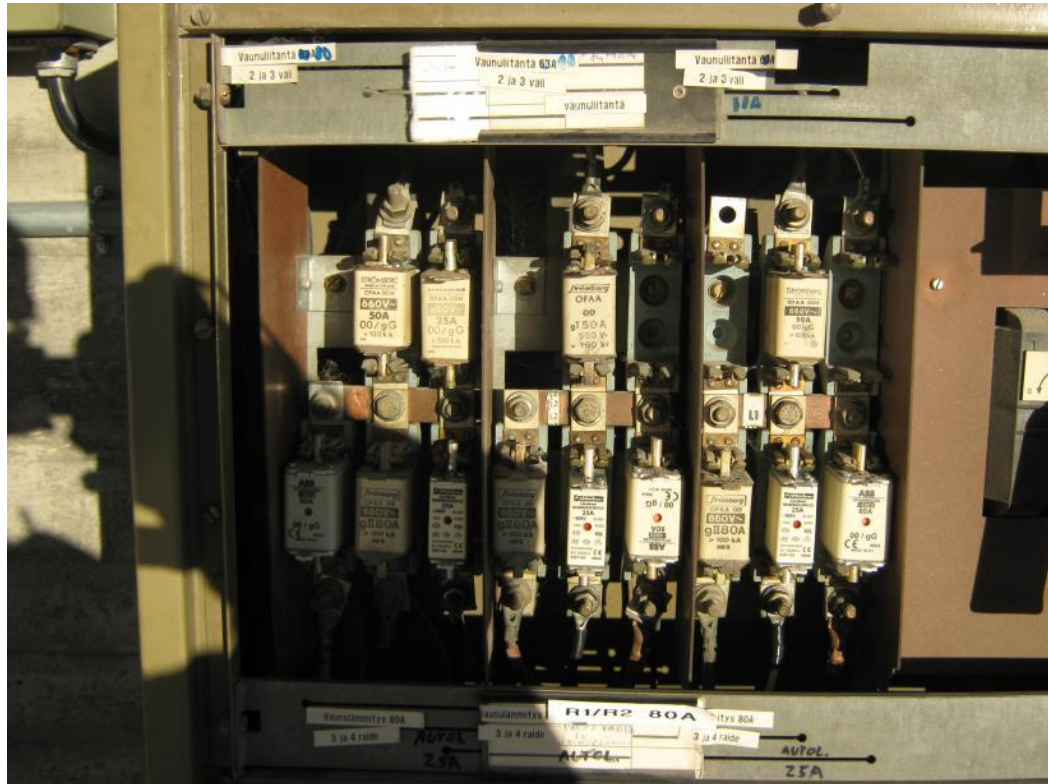
**KUVA 4. Pääkeskuksen 12.1 rakenne**

Väestönsuojan pääkeskus on ryhmäkeskus, joka syöttää suojan lämmitystä, valaistusta ja pistorasioita. Keskus saa syöttönsä varavoimakeskuksesta, mutta siinä on myös vaihtokytkin, jolla voidaan valita lämmityksen varasyöttö pääkeskuksesta 12.1. Keskus on vanha, mutta tyydyttävässä kunnossa.

Aseman pääkeskushuoneessa on pääkeskuksen lisäksi ryhmäkeskus sekä varavoimakeskus odotus- ja lipunmyyntitiloille. Keskushuoneessa sijaitsevat myös kulutusmittarit aseman kokonaiskulutukselle sekä eri yrityksille vuokratuille toimitiloille. Aseman pääkeskus syöttää aseman keskusten lisäksi kahta alikulkutunnelissa olevaa keskusta sekä alikulkutunnelin ja laitureiden välisiä hissejä. Alikulkutunnelin keskuksat syöttävät tunnelin laitteistojen lisäksi suurinta osaa henkilöratapihan valaistuksesta.

Vaunuliitännätpisteitä syötetään katuajakokaappien KJK R050 ja KJK Silta kautta. Huoltoraiteen vieressä oleva KJK R050 syöttää lisäksi myös kyseisen raiteen pylväsvalaistusta ja valvontakameroita. Keskus on varustettu jälkeenpäin jonovarokekytki-

millä ja kosketussuojilla. KJK Sillan lähdöillä ei ole kytkinlaitteita, ainoastaan kahvasulakkeet, ja rakenne on kosketussuojaamaton (kuva 5). Lisäksi keskuksen virtapiirimerkinnät ovat epäselvät ja vanhentuneet.



**KUVA 5. KJK Silta. Kosketussuojaamattomat kahvasulakelähdöt ja epäselvät virtapiirimerkinnät.**

Paineilmakompressorin sijaitsee kontissa aseman eteläpuolella. Kompressorin lisäksi sen pääkeskus syöttää 1,5 kV:n lämmityskeskuksen ryhmäkeskusta sekä huoltoraiteen vieressä olevaa 0,4 kV:n lämmityskeskusta. Keskus on hyväkuntoinen ja melko uusi, mutta keskuksen syöttökaapelia ei ole asennettu kovin syvälle, ja se paikoin jopa näkyy raiteen 1 sepelikerroksen alta.

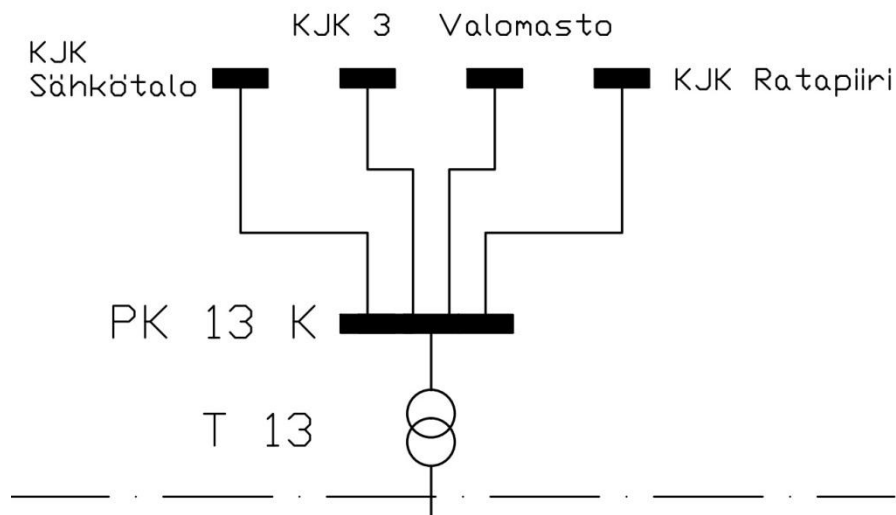
Osa väestönsuojan muuntamon syöttämästä verkosta on varmennettu dieselkäyttöisellä 110 kVA:n tahtigeneraattorilla, joka on asennettu vuonna 1968. Kyseisessä verkossa on ollut aiemmin rataverkon turva- ja ohjauslaitteita sekä väestönsuojan viestilaitteita, jotka vaativat varmennetun sähkönsyötön. Lisäksi väestönsuoja on ollut aikaisemmin VR:n kriisinajan viestikeskuksena. Nykyään turva- ja ohjauslaitteiden syöttö on keskitetty muualle, eikä väestönsuoja ole enää entisessä käytössään, joten varavoima on jäänyt tarpeettomaksi. Varavoimakone ja sen ohjauskeskus ovat myös



huonokuntoisia ja elinkaarensa päässä. Ainoita varavoimaa tarvitsevia kohteita ovat asemarakennuksessa olevat tietoliikennelaitteet ja lippuautomaatit, mutta ne ovat UPS-varmennettuja.

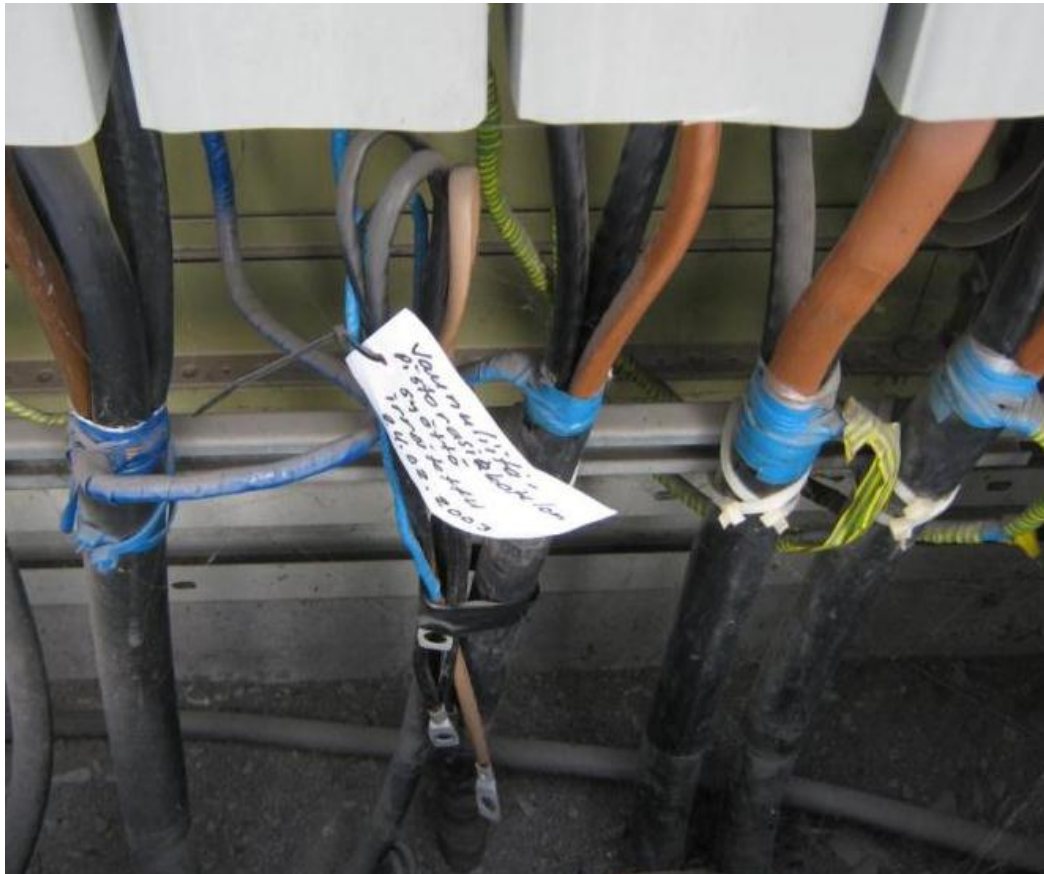
#### 4.1.2 Tavaratoimiston muuntamon verkko

Alueen toinen muuntamo on vuonna 1982 rakennettu puistomuuntamo T 13, joka sijaitsee Kukkaroniementien ja vanhan tavaratoimiston välisellä alueella. Muuntamo sisältää yhden muuntajan ilmaeristeisine kojeistoineen sekä pääkeskuksen. Päävirtapiirit on esitetty kuvassa 6.



**KUVA 6. Sähkötalon muuntamon pj-verkon pääkaavio**

Muuntamon pienjännitepääkeskus on sijoitettu puistomuuntamon yhteyteen, ja se syöttää kolmea katujakokaappia sekä yhtä valonheitinmastoa. Kytkinlaitteena kaapelilähdöissä on käytetty jonovarokeytkimiä. Keskukseen kaapelilähtöjen päätteet on tehty tavallisella sähköteipillä, eivätkä ne ole enää tiiviitä. Keskuksessa ei ole lämmitystä, ja kaapelitila (kuva 7) on välittömässä yhteydessä maahan. Tämä on omiaan aiheuttamaan kosteuden tiivistymistä ja jäätymistä kaapeleihin.



**KUVA 7. Pääkeskuksen 13 kaapelitila**

Katujakokaappi 3 syöttää vaunuliitäntäpisteitä ja ratapihan valaistusta henkilöratapihan pohjoispäässä. Kyseisiä vaunuliitäntäpisteitä käytetään VR Trackin sekä muiden radan kunnossapitäjien ratatyökoneiden ja asuntovaunujen lämmitykseen. Työkoneissa on omat kulutusmittarit, mutta kulutuslukemat perustuvat käyttäjien omiin ilmoituksiin, eikä todellisia kulutuksia voi valvoa.

Sähkötalon ja tavaratoimiston syötöstä vastaava keskus KJK Sähkötalo sijaitsee Kukkaronimentien varrella sähkötalon läheisyydessä. Suojaus on toteutettu jonovarokeytkimin, ja keskus on kosketussuojattu. Keskus on hyväkuntoinen, mutta keskus on likaantumisen ja vaurioitumiselle alttiissa paikassa tien vieressä.

Ratapiirin toimiston KJK ja valonheitinmasto ovat tarpeettomiksi jääneitä kohteita. Ratapiirin toimisto on jäänyt tyhjilleen, ja sen sähkölaitteistot on jo purettu. Valonheitinmasto sen sijaan on toimiva, mutta masto ja sen keskus kaapeleineen ovat erittäin huonossa kunnossa. Sen sijainti on myös syrjäinen ratapihan toimintojen muututtua, eikä sitä ole pitkään aikaan käytetty.

## 4.2 Suoja- ja kytkinlaitteet

Muuntamoiden pienjännitepääkeskusten oikosulku- ja ylikuormitussuojaus on toteutettu releohjatuilla katkaisijoilla. Kaikissa muissa virtapiireissä oikosulku- ja ylikuormitussuojana toimivat gG-tyypin sulakkeet. Kytkinlaitteena on keskuksen iän mukaan käytetty nk. uuninluukkumallista varokekytkintä, jonovarokeytkintä tai kuormakytointä. Osassa keskuksista ei ole virtapiirikohtaisia kytkinlaitteita, vaan ainoastaan pääkytkin, jolloin yksittäistä ryhmää ei voida turvallisesti erottaa esimerkiksi huoltoa varten.

Varokekytkimillä ei ole juurikaan kuormankatkaisukykyä, mutta ne voidaan ohjata virheellisesti auki myös täydellä kuormitusvirralla. Varsinkin niissä lähdöissä, jotka syöttävät monimutkaisia virtapiirejä, riski valokaarionnettomuuteen kasvaa, sillä kaikkia virtapiirin osia voi olla vaikea paikallistaa ja erottaa. Vanhemmissa, uuninluukkumallisissa kytkimissä riski on suurempi kuin nykyisissä jonovarokeytkimissä, sillä sulakkeiden jännitteiset osat ovat rinnakkain lähellä toisiaan /7/. Varsinkin uuninluukkukytkimet ja suurimmat jonovarokeytkimet tulisi korvata kytkinvarokkeilla, joihin sisältyy kytkin ja jonka sulaketta ei voida irrottaa, kun kytkin on kiinni.

Syötön automaattisen poiskytkennän toimintaa tarkasteltiin mittaamalla oikosulkuvirtoja keskuksilta ja pistorasioilta virtapiirien epäedullisimmista pisteistä. Pienin arvo oli keskukselta mitattuna 1200 A (KJK Silta, sulake 125 A gG) ja pistorasialta 440 A (Väestönsuoja, sulake 16 A gG). Vaaditut mitatut arvot kyseisille sulakkeille ovat 137,5 A ja 893,8 A /8/. Muutoin arvot olivat reilusti sallituissa rajoissa, eikä niiden tarkempi selvitystä katsottu tarpeelliseksi, sillä laitteiston kokoonpano tulee todennäköisesti muuttumaan.

## 4.3 Lämpökuvaukset

Lämpökuvaukset tehtiin muuntamon T 12 pääkeskuksella, aseman pääkeskuksella sekä tunnelin keskuksilla, joita kuormitettiin kytkemällä tunnelin keskuksista kaikki ratapihan valaistukset päälle n. kuudeksi tunniksi. Kuvauksissa ei havaittu merkittävän suuria lämpötiloja. Epäsymmetristä lämpenemistä esiintyi kahdessa aseman pääkes-

kuksen sekä yhdessä tunnelin valaistuksen tulppasulakelähdössä. Kaikissa näissä tapauksissa vaiheen L1 varoke lämpeni eniten, eikä sulake ollut löysässä, mistä voidaan päätellä, että kuormitus on näissä kohteissa epäsymmetristä. Suurimmat mitatut lämpötilat käyvät ilmi taulukosta 2.

**TAULUKKO 2. Suurimmat lämpötilat keskuksissa.**

Sijainti	T (°C)	Kohde
Muuntamon T12 pääkeskukset	27	As. Syöttöjohto
As. pääkeskushuone	41	Lisäkompensoinnin lähtö
R001 tunneli	29	Val. Kontaktorit
R002 tunneli	49	Val. kontaktorit

Suurimmat lämpötilat mitattiin aseman pääkeskuksen lisäkompensointia syöttävästä varokkeesta sekä ratapihan valaistusta syöttävistä kontaktoreista tunnelin keskukselta R002. Lämpötilat eivät ole näissäkään kohteissa kovin suuria ottaen huomioon, että virtapiireissä oli kytkettynä lähes maksimikuorma. Kaikki havaitut lämpötilat olivat normaalien käyttölämpötilojen rajoissa.

#### 4.4 Sähkö- ja paloturvallisuus

Alueen keskuksista osa on kosketussuojaamattomia, ja osa vain osittain kosketussuojattuja /9/. Ne eivät aiheuta kuitenkaan vaaraa, sillä keskukset ovat lukittuja, eikä jännitteisten osien läheisyydessä ole laitteita, joilla suoritettaisiin käyttötoimenpiteitä. Keskukset ovat kuitenkin riski, sillä ne voivat aiheuttaa sähköiskun esimerkiksi horjauttamisen takia.

Muuntamoiden pääkeskuksiin on jätetty käytöstä poistettuja syöttökaapeleita, joiden päät ovat kosketussuojaamattomat. Verkon laajuuden ja iän vuoksi kaapelien reitistä tai niiden päiden sijainnista ei ole tietoa, joten ei voida olla myöskään varmoja niiden jännitteettömyydestä. Pääkeskus 12.1:ssä on lisäksi käytöstä poistettu varokekytkinlähtö, joka voidaan kytkeä jännitteiseksi lisäämällä sulakkeet, jolloin voidaan saattaa jännitteiseksi toisaalla sijaitseva, jännitteettömäksi luultu kaapelinpää.

Muita sähkö- ja paloturvallisuuspuutteita:

- Valonheitinmaston ryhmäjohtojen eristys on halkeillut pahasti.
- Asemarakennuksen pääkeskushuoneen kaapeliläpivientien palokatkot eivät ole tiiviitä
- Asemarakennuksen pääkeskushuoneeseen on varastoitu hoitoa haittaavaa tavaraa.
- Kompressorikeskuksen syöttökaapeli on paikoin näkyvissä.

#### 4.5 Laitteistojen kuormitus

Verkon nykytilan selvittämiseksi ja mahdollisten muutoksien suunnittelemiseksi selvitettiin kuormitusten määrä sekä laatu mittauksin. Tehomittaukset suoritettiin tehoanalysaattorilla, jolla mitattiin keskuksien huipputehot ja niitä vastaavat näennäistehot sekä mahdolliset yliaallot. Valaisimia syöttävistä keskuksista ohjattiin käsin kaikki valaistusryhmät päälle, ja vaunuliitäntäkeskuksista mitattiin teho kaluston ollessa kytkettynä. Mikäli kuormien käsikäyttö ei ollut mahdollista tai mielekäästä, mitattiin tehoa n. 1-3 vuorokautta ajan, ja huipputehoksi kirjattiin suurin hetkellinen teho. Mittaustulokset ja niiden perusteella lasketut arvot on esitetty taulukossa 3 sivulla 18. Taulukossa esitetyt tehokertoimet (PF) ovat kokonaistehokertoimia.

Mittauksissa kävi ilmi, että osa virtapiirien sulakkeista on ylimitoitettuja huippuvirtaan nähden. Esimerkiksi katujakokaappien Silta ja R050 pääsulakkeet ovat n. viisinkertaisia mitattuun huippuvirtaan verrattuna, eikä niiden syöttämien vaunuliitäntäpis- teiden kuormitus ole luonteeltaan sellaista, että suuria kytkentävirtoja esiintyisi.

Toinen havainto oli, ettei aseman pääkeskushuoneessa oleva loistehon säätimellä varustettu kompensointiyksikkö toiminut, vaan koko asemarakennuksen ja ratapihan valaistuksen kompensointi oli kiinteän lisäkompensoinnin varassa. Lisäkompensointi on siis kokoajan käytössä nimellisvirrallaan, ja pääkompensointi käyttämättömänä.

**TAULUKKO 3. Mitatut ja laskennalliset huipputehot**

Kohde	Kuorman tyyppi	In (A) /varoke	P (kW)	S (kVA)	I (A)	Q (kVar)	PF
Kompressorikeskus	moottori	200	33,00	49,77	71,84	37,26	0,66
KJK Silta	ratakalusto	125	11,77	17,38	25,09	12,79	0,68
KJK R050	ratakalusto	125	11,77	17,38	25,09	12,79	0,68
KJK 3	ratakalusto ja valaistus	250	33,46	54,67	78,91	43,23	0,61
Hissi 1	moottori	63	18,00	39,13	56,48	34,74	0,46
Hissi 2	moottori	63	18,00	39,13	56,48	34,74	0,46
Hissi 3	moottori	63	18,00	39,13	56,48	34,74	0,46
Tunneli R001	valaistus ja lämmitys	35	12,47	16,63	24,00	11,00	0,75
Tunneli R002	valaistus	160	31,63	42,16	60,85	27,87	0,75
Asema R111 VV	valaistus ja kulutuskojeet	35	2,02	2,72	3,93	1,82	0,74
Asema PK (kompensoitu)	valaistus ja kulutuskojeet	250	54,00	55,00	79,39	10,44	0,98
KJK Sähkötalo	valaistus ja kulutuskojeet	400	46,30	53,04	76,56	25,88	0,87
As. Kompensointi	konden- saattori	250	0,72	0,72	0,20	0,00	1
As. Lisäkompensointi	konden- saattori	100	0,68	38,50	55,57	-38,49	0,02

Merkittäviä loistehon lähteitä alueella olivat ratapihan valaistus sekä vaunuliitännät. Valaisinten liitännälaitteita ei niiden suuren määrän vuoksi alettu kartoittaa, mutta loistehon määrän perusteella ne ovat suurimmaksi osaksi varustettu perinteisillä kuristimilla. Myös hissit sekä paineilmakompressorit synnyttävät loistehoa, mutta niiden loisteho syntyy lähinnä kytkentävirtasysäyksissä ja on erittäin lyhytkestoista keskimääräisen loistehon jäädessä olemattomaksi. Loistehon kompensointi on toteutettu keskitetysti muuntamon T12 ja aseman pääkeskuksilla sekä paikallisesti KJK 3:lla. Muuntamolla T13 ei ole kompensointia. Osa kompensointiparistoista on kytketty suoraan verkkoon, ja osa on varustettu loistehon säätimellä. Taulukossa 4 on esitetty alueen kompensointilaitteistot.

**TAULUKKO 4. Henkilöratapihan kompensoinnit**

Kompensointi	kVar	säädetty	kiinteä
PK 12.1	200	x	
PK 12.2	200	x	
Aseman komp.	100	x	
Aseman lisäkomp.	75		x
KJK 3	40		x

Yliaaltojen osuus kuormituksesta oli kaikissa kohteissa hyvin pieni, ja suurimmillaan jännitesärö oli n. 1,5 %. Harmoninen kokonaisjännitesärö (THD, total harmonic distortion), kuvaa yliaaltotaajuisen jännitteen suhdetta perusaaltoiseen jännitteeseen. Mittauksissa käytetty Fluke 1735 -tehoanalysaattori mittaa harmonisia yliaaltoja 50. asti. /10./

**4.6 Keskijänniteliittymät**

Koska tehomittauksia ei ollut mahdollista tehdä riittävän pitkällä aikavälillä, tutkittiin laitteistojen kokonaiskulutusta myös liittymien laskutustietojen perusteella. Laskutustiedoista selvisivät liittymäkohtaiset kuukausittaiset kulutukset ja huipputehot, joita tarkasteltiin vuoden 2012 ajalta.

Verkkoyhtiön laskuttama huipputeho perustuu suurimpaan mitattuun keskituntitehoon. Loistehon laskutuskynnys on 20 % pätötehosta, joten on mahdollista, että loistehoa esiintyi tarkastelujaksolla tämän verran, vaikka kulutustiedoissa ei sitä näkynyt. Pienin mahdollinen kokonaistehokerroin oli tällöin

$$\cos \varphi = \cos \arctan \frac{Q}{P} = \cos \arctan 0,2 = 0,981 ,$$

mistä voidaan todeta, että loisteho on ainakin lähes kokonaan kompensoitu nykyisellä kompensointilaitteistolla.

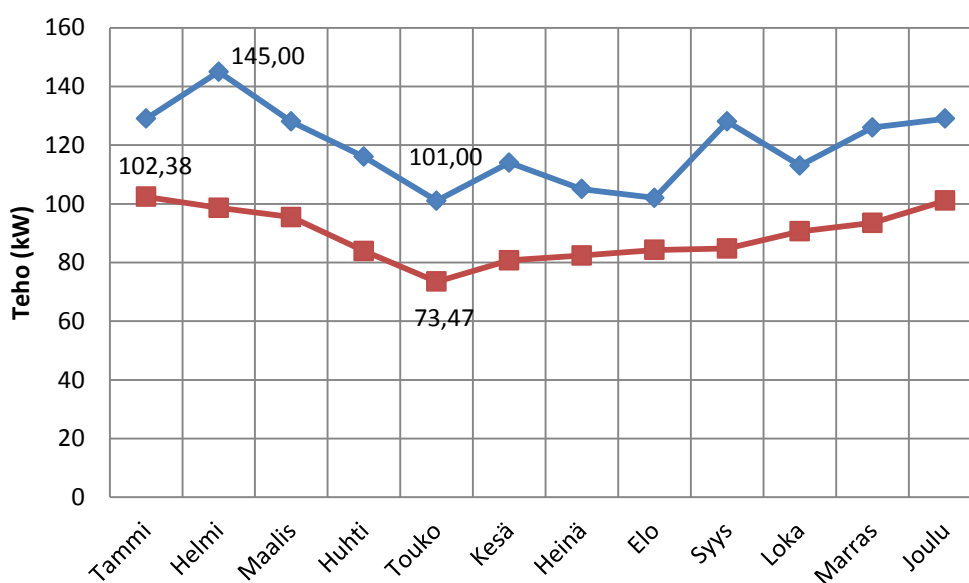
Väestönsuojan kiinteistömuuntamoja syöttävän keskijänniteliittymän vuoden 2012 kulutus oli 781 950 kWh. Liittymän kuluttajat ja laskutukseen käytettävät jakoprosentit on esitetty taulukossa 5.

**TAULUKKO 5. Väestönsuojan liittymän kuluttajat**

Käyttäjä	Jako %
LiVi valaistus	39,70
Pm vaunut	38,50
Asemarakennus	18,40
Terveystalo	3,40

Jakoprosenttien mukaan merkittävä osa liittymän kulutuksesta koostuu liikenneviraston ratapihan valaistuksesta sekä VR Yhtymän vaunuliitäntäpisteistä. Loput kulutuksesta on jaettu asemarakennukselle, jossa myös Terveystalon toimitilat ovat. Asemarakennuksessa on lisäksi muita, erikseen mittaroituja kuluttajia (esim. asemaravintola ja matkahuolto), joita laskutetaan kulutuksen mukaan. Vaunuliitäntäpisteiden osalta jakoprosentti on todennäköisesti liian suuri, sillä 0,4 kV:n liitäntäpisteisiin liitettävän kaluston määrä on viime aikoina vähentynyt.

Liittymän kuukausittaiset huipputehot sekä keskimääräiset tehot vuoden ajalta on esitetty kuvaajassa (kuva 8). Keskimääräinen teho on laskettu kuukausittaisten kulutusten mukaan, joten sen käyrämuoto kertoo myös kulutuksen kuukausittaisen vaihtelun.



**KUVA 8. Väestönsuojan liittymän huippu- ja keskimääräiset tehot vuonna 2012**



Kuvaajasta havaitaan, että kuormitus on melko tasaista sekä vuositasolla että lyhyemmällä aikavälillä. Huipputeho ei poikkea merkittävästi keskimääräisestä tehosta, eikä tehoissa ole suuria kuukausittaisia eroja lukuun ottamatta helmi- ja maaliskuuta jolloin huipputeho poikkeaa merkittävästi normaalista. Näiden kuukausien poikkeama on kuitenkin melko pientä ja saattaa johtua esimerkiksi siitä, että vaunuliitäntäpisteisiin on ollut normaalia enemmän kalustoa liitettynä.

Kun verrataan kulutustietoja muuntamon nimellistehoon ja otetaan huomioon pienin mahdollinen tehokerroin, saadaan kuormitusasteeksi huipputeholla

$$k = \frac{S}{S_n} = \frac{P}{\cos \varphi S_n} = \frac{145 \text{ kW}}{0,981 * 2 * 500 \text{ kVA}} = 0,148 = 15 \%$$

Koko vuoden keskimääräisen tehon (89 kW) perusteella kuormitusaste on 8,9 %. Voidaan sanoa, että muuntamon kuormitusaste on alhainen.

Tavaratoimiston puistomuuntamoaa syöttävän keskijänniteliittymän kulutus vuonna 2012 oli 480 483 kWh. Liittymän suurimmat käyttäjät ovat Liikennevirasto ja VR Track. Liittymän kuluttajan ja jako-osuudet on lueteltu taulukossa 6.

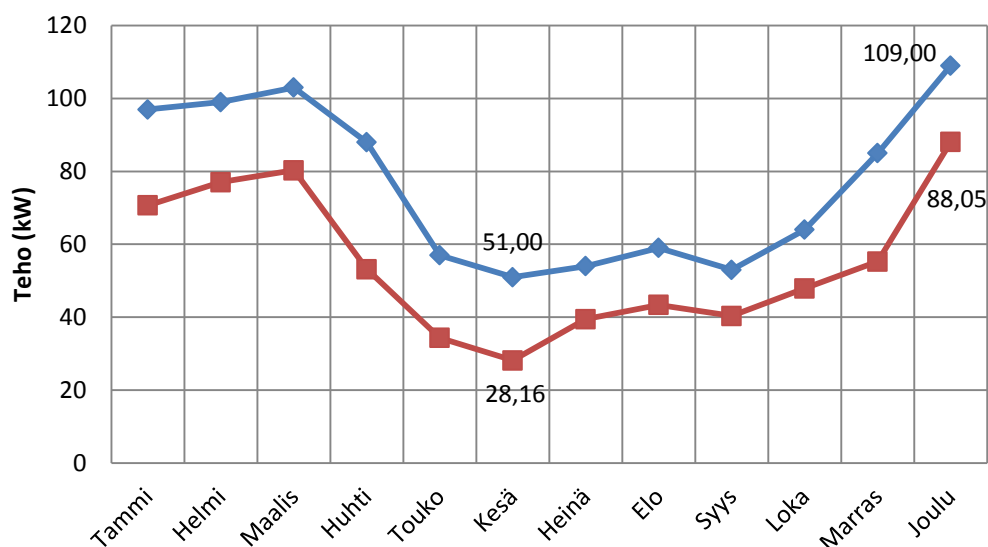
#### TAULUKKO 6. Tavaratoimiston liittymän kuluttajat

Käyttäjä	Jako %
LiVi valaistus	32,00
Sähkötalo	63,00
Tavaratoimisto	5,00
Pm KP	mittaroitu
Pm SAKE	mittaroitu

Suurin osa energiasta käytetään jakoprosenttien mukaan sähkötalossa, jossa merkittävä kuluttaja on Corenet Oy:n toimipiste. Sähkötalon lisäksi Liikenneviraston kulutusta on ratapihan valaistus. Suuria käyttäjiä ovat myös VR Trackin Pm konepankki ja Pm sähköasennuskeskus, jotka tarkoittavat vaunuliitäntäpisteisiin kytkettyjä ratatyökoneita ja asuntovaunuja. Kyseisissä vaunuissa on omat kulutusmittarit, ja laskutus tapahtuu

käyttäjän ilmoituksen perusteella. Jakoprosentit pitänevät likipitään paikkansa, mutta ratapihan valaistuksen ja tavaratoimiston osuus on todellista kulutusta suurempi.

Liittymän laskutustietojen mukaan vuoden 2012 huipputeho 109 kW muodostui joulukuussa, ja pienin kuukausittainen huipputeho oli kesäkuun 51 kW. Huipputehon ja keskimääräisen tehon vuosittainen vaihtelu on nähtävissä kuvasta 9.



**KUVA 9. Tavaratoimiston liittymän huippu- ja keskimääräiset tehot vuonna 2012**

Huipputeho seuraa melko tarkasti keskimääräistä tehoa, mistä voidaan päätellä, ettei liittymässä esiinny suuria lyhyen aikavälin kuormitusvaihteluja. Kuormitus vaihtelee kuitenkin melko voimakkaasti vuodenaikojen mukaan, sillä suurin osa kuormituksesta on rakennusten kulutusta ja vaunulämmitystä, joiden kuormitus vaihtelee vuodenajan mukaan. Kulutustietojen perusteella muuntamon suurin kuormitusaste on 22 % ja keskimääräinen 11 %. Tavaratoimiston muuntamo on siis lähes yhtä pienellä kuormituksella kuin väestönsuojan muuntamokin.

#### 4.7 Dokumentit

Nousujohtokaaviot, kaapeli- ja keskusluettelot sekä kaapelikartat ovat paikoin päivittämättä, eikä kaikkia uudempia laitteistoja ole dokumentoitu niihin ollenkaan. Dokumentteista on saatavilla useita eri versioita, ja niitä säilytetään useissa eri paikoissa. Lisäksi keskuksien tunnuskilvet sekä virtapiiri- ja kaapelimerkinnät ovat joissain kohteissa epäselviä, vanhentuneita tai puuttuvat kokonaan. Dokumentit ja merkinnät on

syytä päivittää, ja arkistoida sekä sähköisesti että paperisena versiona keskitetysti. Seuraavassa on lueteltu havaittuja puutteita:

- Ratapihan keskuksien dokumentteja ei ole saatavilla missään keskuksissa paikan päällä.
- Vaunuliitäntäpisteiden sijoitus- ja kaapelointikaavioita ei ole saatavilla.
- Muuntamon T12 pääkeskusten pääkaavioita ei ole saatavilla. Muuntamon pääkaavioita ei ole päivitetty muuntajan T12.2 osalta.
- Rautatieaseman PK:n ja sen syöttämien keskusten pääkaavioita ja sähköpistekuvia ei ole päivitetty. Pääkeskushuoneessa ei ollut paikan päällä mitään dokumentteja.
- Katujakokaapin KJK Silta virtapiirimerkinnot ovat epäselviä. Kaapeleiden merkinnät sekä keskuksen tunnuskilpi puuttuvat.

## 5 TOIMENPIDE-EHDOTUS

Jotta energia- ja kunnossapitokustannukset voitaisiin kohdistaa tarkasti laitteistojen omistussuhteiden mukaan, on Liikenneviraston ja VR Yhtymän laitteistot erotettava toisistaan. Muuntamoiden kuormitusasteet ovat jääneet hyvin pieniksi, ja ne alkavat olla käyttöikänsä loppupuolella, joten ne olisi järkevää korvata pienjänniteliittymillä. Lisäksi Liikennevirasto on luopumassa väestönsuojan omistuksesta, joten muuntamosta luopuminen tulee siksikin kysymykseen. Tarkoituksena on siirtää kaikki ratapihan laitteistot Liikenneviraston omaan, erilliseen verkkoon.

Savon Voima aikoo rakentaa uuden muuntamon Liikenneviraston maa-alueelle ylikulkusillan läheisyyteen, jolloin liittymismatka laitteistoille pysyisi suunnilleen samana kuin nykyään väestönsuojan muuntamolta. Ratapihan verkon muutostöissä voitaisiin mahdollisesti käyttää myös samoja urakoitsijoita Savon Voiman kanssa, jolloin voitaisiin saavuttaa säästöjä, sekä minimoida kaivutöiden määrä alueella.

## 5.1 Muuntamoista ja keskijänniteliittymistä luopuminen

Kun tarkastellaan nykyisten muuntamoiden käyttöastetta ja käyttöikää, voidaan päätellä, ettei muuntamoiden ylläpitäminen ole taloudellista nykyisellä kuormituksella. Kulutuksen voidaan ennustaa laskevan entisestään tulevaisuudessa. Lisäksi on tiedossa, että Liikennevirastolla on tarkoituksena luopua sille tarpeettomista kiinteistöistä ja maa-alueista, jolloin muuntamot voisivat jäädä rasitteeksi jonkin toisen omistamalle alueelle.

Jos tarkastellaan pelkkää sähkön hintaa, on keskijänniteliittymä ja muuntamo hieman edullisempi vaihtoehto kuin pienjänniteliittymä. Taulukossa 7 on vertailtu suur- ja pienjänniteliittymien siirtohintoja nykyisillä verkoilla sekä suunnitellulla Liikenneviraston rata-alueella. Laskennassa käytetyt siirto- energiahinnat perustuvat Savon Voiman voimassaolevaan hinnastoon.

**TAULUKKO 7. Keski- ja pienjänniteliittymien kustannukset eri kokoonpanoilla**

	Muuntamo T12 781 950		Muuntamo T13 480 483		Rata-alue suunn. 765 240	
	pj. (€/a)	kj. (€/a)	pj. (€/a)	kj. (€/a)	pj. (€/a)	kj. (€/a)
Siirto ja energia	64 765	63 032	39 796	38 731	63 381	61 685
Perusmaksu	1 541	3 562	1 541	3 562	1 541	3 562
Tehomaksu	8 301	6 338	6 385	4 875	8 120	6 200
Yhteensä	74 607	72 931	47 722	47 168	73 042	71 446
Lisäkust. (€)	1 676		555		1 596	
Lisäkust. (%)	2		1		2	

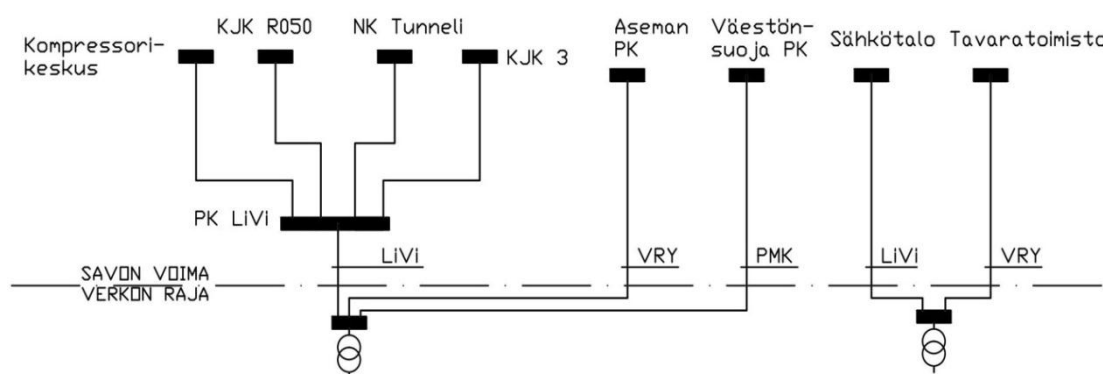
Laskelmien perusteella havaitaan, että keskijänniteliittymä on hieman edullisempi kaikilla tarkastelluilla kokoonpanoilla. Suunnitellulla rata-alueen verkolla pienjänniteliittymän vuotuiset energiakustannukset ovat n. 2 % keskijänniteliittymää suuremmat. Rata-alueen kulutus ja huipputeho arvioitiin kuitenkin eri laitteistojen nykyisten jakosuukien ja mitattujen tehojen perusteella, eikä ole todennäköistä, että tehohuiput eri laitteistoilla tapahtuisivat samanaikaisesti. Todellisen huipputehon voidaan siis olettaa olevan huomattavasti vertailussa käytettyä pienempi, jolloin keskijänniteliittymän etu jää olemattomaksi.

Muuntamoita luopumisen etuna olisi se, ettei laitteistoihin kuuluisi enää suurjännitteisiä osia, jolloin laitteistot luettaisiin luokan 1 sähkölaitteistoiksi /11/. Tällöin käytönjohtajuutta ei enää tarvittaisi ja määräaikaistarkastusväli piteneisi 10:stä 15 vuoteen /12/. Kun tämän lisäksi otetaan huomioon muuntamoiden kunnossapitokustannukset ja tulevaisuudessa edessä oleva muuntamoiden uusiminen, on muuntamojen korvaaminen pienjänniteliittymillä järkevää.

## 5.2 Laitteistojen uusi kokoonpano

Tunnelin kautta syötettävän ratapihan valaistuksen lisäksi Liikenneviraston verkkoon liitetään ratapihan jakokaapit, alikulkutunnelin laitteistot hisseineen sekä kompressorikeskus. Sähkötalo laitteistoineen jää Liikenneviraston omistukseen, ja nykyään Liikennevirastolle kuuluvan väestönsuojan omistus siirtyy Pieksämäen kaupungille.

VR yhtymän omistukseen jäävät rautatieasema ja tavaratoimisto. Liikenneviraston verkkoon siirtyvät kompressorikeskus ja jakokaappien syöttämät vaunuliitäntäpisteet mittaroidaan erikseen, ja niiden kulutus laskutetaan niiden käyttäjältä eli VR Yhtymältä. Kuvassa 10 on esitetty ehdotetun kokoonpanon mukainen pääkaavio.



**KUVA 10. Laitteistojen suunniteltu kokoonpano ja omistusrajat**

Kaikki alueen Liikenneviraston omistamat laitteistot sähkötaloa lukuun ottamatta tulevat muodostamaan oman kokonaisuutensa. Sähkötalon liittäminen samaan kokoonpanoon ei ole tarkoituksenmukaista, sillä se ei sijaitse rata-alueella, eikä liity millään tavalla radan laitteistojen syöttöön. Sähkötalo myös sijaitsee tavaratoimiston tavoin

melko kaukana muista alueen laitteistoista, ja siirtyy tulevaisuudessa todennäköisesti pois Liikenneviraston omistuksesta.

Liikenneviraston rata-alueen, rautatieaseman ja sähkötalon liittymien mitoittamiseksi laadittiin arvio keskuksista mitattujen tehojen (taulukko 3) ja kulutustietojen perusteella. Muiden kohteiden tulevaisuuden sähköntarpeesta ei ollut luotettavaa tietoa, joten liittymien pääsulakkeet mitoitettiin nykyisten keskusten pääsulakkeiden mukaisiksi. Taulukossa 8 on esitetty alueelle hankittavat liittymät.

**TAULUKKO 8. Hankittavat liittymät**

Kohde	Omistaja	Sulakekoko (A)	Liittymismaksu (€)
Pääkeskus rata-alue	LiVi	3x250	25 540,00
Sähkötalo	LiVi	3x200	21 300,00
Rautatieasema	VR Yhtymä	3x200	21 300,00
Tavaratoimisto	VR Yhtymä	3x100	12 100,00
Väestönsuoja	Pm kaupunki	3x100	12 100,00

Merkittäviä toimenpiteitä ehdotuksen toteuttamiseksi ovat liittymien hankkiminen ja liittymisjohtojen sekä kulutusmittareiden asentaminen Liikenneviraston PK:lle, asemalle, väestönsuojalle, sähkötalolle ja tavaratoimistolle sekä Liikenneviraston uuden pääkeskuksen ja nousukeskuksen rakentaminen. Uusia kaapeleita tarvitaan liittymisjohtojen lisäksi tunnelin nousukeskukselle sekä katujakaapille KJK 3.

Molempiin Liikenneviraston keskuksiin on syytä asentaa kompensointiparisto, sillä lähes kaikki ratapihan laitteistot synnyttävät loistehoa (taulukko 3). Erityisesti ratapihan valaisimet, jotka on varustettu pääosin varustettu kuristimilla, ovat merkittäviä jatkuvan loistehon lähteitä. Riittävän kompensoinnin avulla voidaan välttää loistehomaksut sekä vähentää kaapeleissa ja loistehon siirtämisestä johtuvia virtalämpöhäviöitä. Sulakkeet ja kaapelit pitää silti mitoittaa kestävänsä myös virran loistehokomponentti, sillä kompensointiparistojen kapasitanssi laskee käyttöajan mukaan ja ne voivat vikaantua. Uusia kompensointilaitteistoja ei tarvitse hankkia, vaan muuntamon T12 kompensointiparistoja ja loistehonsäätimiä (taulukko 4) voidaan käyttää. Mikäli ne

eivät mahdu uusiin keskuksiin tai niissä ilmenee vikaa, pitää hankkia uudet kompensointilaitteistot.

### **5.3 Havaittujen puutteiden korjaaminen**

Selvityksessä havaitut puutteet tulevat suurelta osin korjatuksi muutostöiden yhteydessä ilman erillisiä toimenpiteitä. Rautatieaseman pääkeskusta lukuun ottamatta kosketussuojaamattomat sekä vanhanmallisilla kytkinlaitteilla varustetut keskukset poistuvat käytöstä.

Aseman toimimaton kompensointilaitteisto pitäisi saattaa toimimaan, sillä muuntamon kompensoinnin poistuessa kaikki loisteho pitää kompensoida asemalla, mikäli halutaan välttyä loistehomaksulta. Lisäksi pääkeskushuoneen kaapeliläpiviennit tulee tiivistää uudelleen nykyiset määräykset täyttävällä tiivistemassalla. Huoneessa oleva tavara tulee varastoida muualle, ja keskushuoneen kulunvalvonta aloittaa esimerkiksi vaihtamalla lukot ja luovuttamalla avaimia vain niitä tarvitseville.

Ratapihan olemassa oleviin jakokaappeihin ja aseman pääkeskushuoneeseen olisi syytä sijoittaa ainakin keskuskaaviot ja sähköpisteiden sijoituskaaviot. Lisäksi kaikki Liikenneviraston rata-aluetta koskevat dokumentit tulisi päivittää, koota yhteen ja arkistoida. Vanhentuneet dokumentit on syytä tuhota tai arkistoida siten, ettei sekaantumisen vaaraa ole.

### **5.4 Työsuunnitelma**

Ensisijaisena tehtävänä on muuntamosta T12 luopuminen ja rata-alueen laitteistojen yhdistäminen erilliseksi kokonaisuudeksi. Muuntamon T13 verkon toimenpiteet, ratapihan katujakokaappi KJK 3:a lukuun ottamatta, aloitetaan vasta myöhemmin. Seuraavassa esitetyt työt rajoittuvat ensimmäiseen vaiheeseen.

#### **5.4.1 Rakennettavat keskukset ja kaapelit**

Uusien liittymisjohtojen lisäksi kaapeleita joudutaan asentamaan ainoastaan rakennettavalle alikulkutunnelin nousukeskukselle ja katujakokaapille KJK, sillä ryhmäjohto-

hin ei tarvitse tehdä juurikaan muutoksia. Kaapelit vedetään olemassa oleviin kaapelikanaviin. Kanavat sekä niitä yhdistävät kaapelikaivot ovat pääosin päällysteen alla, joten niitä joudutaan kaivamaan paikoin esiin vetämisen mahdollistamiseksi. Koska suurin osa kaapelireiteistä sijaitsee katujen tai rautatien läheisyydessä, joudutaan varautumaan näiden liikenteen ohjaamiseen ja keskeyttämiseen kaivutöitä suunniteltaessa.

Taulukosta 9 ilmenevät asennettavat kaapelit ja niiden mitat. Kaapelit on mitoitettu jännitteenaleneman ja taloudellisuuden vuoksi n. 1-2 poikkipintaporrasta tarvittavaa suuremmiksi /13; 9/.

#### TAULUKKO 9. Asennettavat kaapelit

Kohde	Sulake (A)	Vaadittu I (A)	Korjattu I (A)	Kaapeli	pituus (m)
LiVi PK	250	276	349	AXMK 4x300	129
Tunneli NK	200	221	295	AMCMK 4x240+72	125
KJK 3	200	221	295	AMCMK 4x240+72	364
Asema PK	200	221	295	AXMK 4x185	229
Väestönsuoja	100	110	147	AXMK 4x70	59
Komp. 75 kVar	160	177	236	AXMK 4x150	5
Komp. 200kVar	2x160	2x177	2x236	AXMK 4x150	5

Liikenneviraston rata-alueen laitteistoja varten rakennetaan laiturialueelle uusi pääkeskus katujakokaappiin. Keskus varustetaan kytkinvarokkeilla, ja sinne sijoitetaan myös Savon Voiman liittymämittaus sekä kompensointilaitteisto. Toinen rakennettava keskus on tunnelin nousukeskus, johon alikulkutunnelin laitteistot liitetään. Taulukossa 10 on esitetty rakennettavat keskuksat ja niiden lähdöt arvioituine huipputehoineen.



**TAULUKKO 10. Rakennettavat keskuksat ja niiden lähdet**

<b>Kohde</b>	<b>In (A) /varoke</b>	<b>Huipputeho (kW)</b>
<b>LiVi PK</b>	<b>250</b>	<b>160,00</b>
Kompressorikeskus	160	33,00
KJK R050	100	12,00
KJK 3	200	40,00
Tunneli NK	200	80,00
Kompensointi	2x 160	
<b>Tunneli NK</b>	<b>200</b>	<b>80,00</b>
Hissi 2	63	20,00
Hissi 3	63	20,00
Tunneli R001	35	15,00
Tunneli R002	160	45,00
Kompensointi	2x 160	

**5.4.2 Luettelo töistä**

Pääpiirteinen töiden eteneminen on seuraavanlainen:

1. Kaapelikanavien esiin kaivu ja avaaminen tarvittavilta osin. Kaapeliojien kaivu.
2. Kaapeleiden veto tai laskeminen kanaviin. Tunnelin syöttökaapelin lävistys laiturilla olevasta kaapelikaivosta tunneliin.
3. Kanavien ja ojien sulkeminen. Keskusten rakentaminen ja syöttökaapeleiden kytkeminen uusiin keskuksiin.
4. Mahdollinen varasyötön järjestäminen ja laitteistojen erottaminen muuntamon syötöstä. Kaapeleiden kytkeminen keskuksiin.
5. Liittymisjohtojen kytkeminen Savon Voiman verkkoon.
6. Muuntamon ja muiden vanhojen laitteistojen purku.

## 6 YHTEENVETO

Opinnäytetyön perustana toiminut Liikenneviraston tilaama verkkoselvitystyö alkoi helmikuussa 2013, ja aikaa työn tekemiseen oli varattu toukokuun 2013 loppuun. Työn alkuvaiheessa haasteina olivat kokonaiskuvan hahmottaminen, työn laajuuden rajaaminen ja mahdollisimman ajantasaisten dokumenttien hankkiminen. Lisäksi minulla ei ollut juurikaan käytännön kokemusta rautatiealueiden sähköistyksestä tai pienjänniteverkoista yleensä, joten työ vaati myös monien asioiden oppimista.

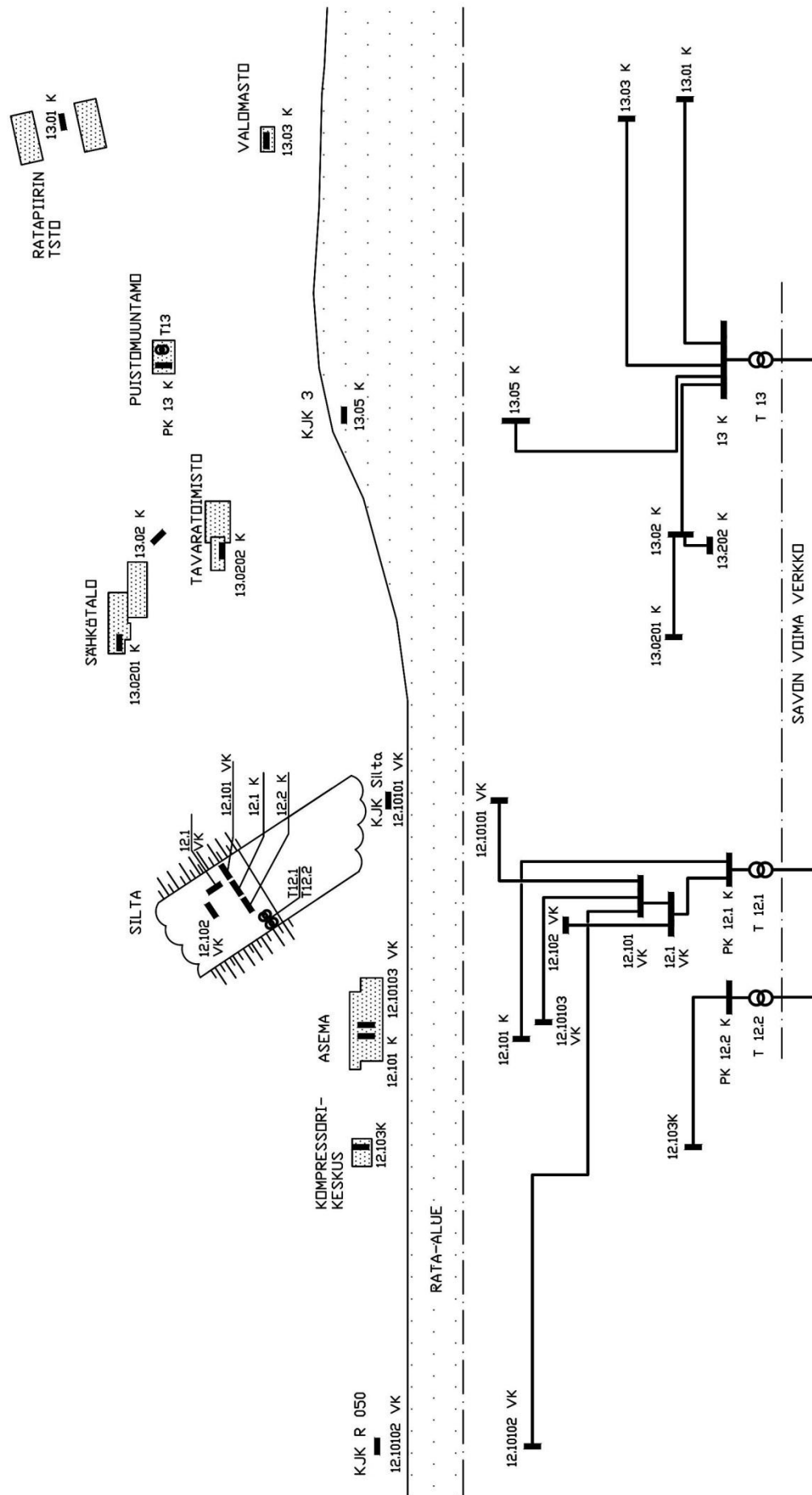
Työn edetessä laitteistojen tila ja kokoonpano alkoi hahmottua, jolloin tärkeimpänä tehtävänä oli havaintojen dokumentoiminen verkkoselvitysraporttiin ja sähköpiirustuksiin. Kartoitusvaiheen jälkeen keskityttiin tarvittavien toimenpiteiden selvittämiseen ja suunnitteluun. Työn tavoite tarkentui työn edetessä, jolloin ensisijaiseksi tehtäväksi tuli pienjännitelaitteistojen tilan selvittämisen lisäksi suunnitella rata-alueen laitteistojen yhdistäminen omaksi kokonaisuudekseen. Tavoitteet saavutettiin, ja lopputuloksena on toukokuussa 2013 valmistuva raportti, jossa esitetään verkon tila ja tarvittavat muutostyöt piirustuksineen. Laitteistoja koskevat muutostyöt aloitetaan kesällä 2013.

Työ oli hyvin itsenäistä, ja sen aikana minulle karttui runsaasti kokemusta pienjännitelaitteistoista ja niiden suunnittelusta. Pääsin soveltamaan aiemmin opittua teoriaa monipuolisesti muun muassa sähkökuvien piirtämisessä, kaapeleiden mitoittamisessa ja mittauksissa. Tehtävä oli haastava, mutta opettavainen ja palkitseva.

## LÄHTEET

1. VR Yhtymä Oy 2013. Vuosiraportti 2012. WWW-dokumentti.  
<http://www.vrgroupraportti.fi/hallinto>. Ei päivitystietoa. Luettu 18.4.2013.
2. VR Yhtymä Oy 2012. VR on 150-vuotias. WWW-dokumentti. [http://www.vr-konserni.fi/fi/index/vr\\_konserni\\_2/historia.html](http://www.vr-konserni.fi/fi/index/vr_konserni_2/historia.html). Ei päivitystietoa. Luettu 30.4.2013
3. Liikennevirasto 2012. Viraston verkkosivut. WWW-dokumentti.  
<http://portal.liikennevirasto.fi/sivu/www/f/liikennevirasto>. Päivitetty 27.8.2012.  
Luettu 8.5.2013.
4. Ratatekniset määräykset ja ohjeet osa 5, Sähköistetty rata. 2004. Ratahallintokeskus. PDF-dokumentti.  
[http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato\\_5\\_sahkoistetty\\_rata.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf4/rato_5_sahkoistetty_rata.pdf). Päivitetty 28.4.2005. Luettu 31.3.2013.
5. Ratatekniset määräykset ja ohjeet osa 6, Turvalaitteet. 2012. Liikennevirasto. PDF-dokumentti. [http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo\\_2012-06\\_rato6\\_web.pdf](http://www2.liikennevirasto.fi/julkaisut/pdf3/lo_2012-06_rato6_web.pdf)
6. Ratahallintokeskus 2002. Laitetilojen ja valaisimien maadoittaminen.
7. Standardi SFS 6002 Sähkötyöturvallisuus. 2005. Helsinki: SFS ry.
8. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2012. D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähköinfo Oy.
9. Sähkö- ja teleurakoitsijaliitto STUL ry 2012. D1-2012 Käsikirja rakennusten sähköasennuksista. Espoo: Sähköinfo Oy.
10. Fluke Corporation 2006. Tehoanalysaattorin käyttöohje.  
[http://assets.fluke.com/manuals/1735\\_\\_\\_\\_umeng0200.pdf](http://assets.fluke.com/manuals/1735____umeng0200.pdf)
11. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähkölaitteistojen käyttöönotosta ja käytöstä 5.7.1996/517
12. Kauppa- ja teollisuusministeriön päätös sähköalan töistä 5.7.1996/516
13. Standardi SFS 6000 Pienjännitesähköasennukset. 2012. Helsinki: SFS ry.

## Pää- ja sijoituskaavio, nykytila



Päävirtapiiri- ja sijoituskaavio, suunnitelma

